

6061Al 복합재료 마모특성에 미치는 SiC입자 강화재 체적분율의 영향

김 현 주

부경대학교 공과대학 금속공학과

Effect of Volume fraction of SiC Particle Reinforcement on the Wear Properties of 6061Al Composites

Heon-Joo Kim

Department of Metallurgical Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739

Abstract In the present investigation wear behavior of the 6061Al composites reinforced with 5, 10, 20% SiC particles for dry sliding against a SM45C counterface was studied as a function of load and sliding velocity. Sliding wear tests were conducted at two loads(19.6 and 49N) and three sliding velocities(0.2, 1 and 2 m/sec) at constant sliding distance of 4000 m using pin-on-disk machine under room temperature. Presence of SiC reinforcement particles in the composites has displayed a transition from mild to severe wear at relatively higher applied load and sliding velocity compare to that of the matrix metal. As the volume fraction of SiC particles increased, the transition moved to a more severe wear conditions. Eventually, mild wear prevailed at a most severe wear conditions in this study, that was 49N load and 2 m/sec sliding velocity in 20% SiC particle/6061Al composite.

(Received February 25, 2002)

Key words: 6061Al matrix SiC composites, Wear behavior, Dry sliding, Transition from mild to severe wear

1. 서 론

공업용 재료로 요구되는 많은 특성들 중에서 기계구조용 재료의 내마모성은 실제 작동 중 재료에 가해지는 가혹한 상황에서 주어진 기능을 완수하기 위해 갖추어야 될 주요 항목의 하나로 평가되고 있다. 최근, 기술 발달과정에서 우수한 특성을 지닌 소재에 대한 요구 증대와, 기존의 단일합금(monolithic alloy)에서 얻을 수 없는 새로운 요구에 부응기 위해 개발된 알루미늄기지 복합재료는 우수한 비강성, 비강도, 내열성 외에도 내마모성을 지닌 것으로 평가되고 있다.

마모현상은 마모기구별로 표면피로마모, 연삭마모, 웅착마모, 부식마모의 4가지로 크게 분류하는 것이 일반적이다[1-3]. 알루미늄합금의 마모거동은 일반적 환경에서 실험조건에 따라 MML(Mechanical Mixed Layer)형성에 의한 연삭마모와, 마찰 전단력에 의한 표면층 박리, 웅착마모 등으로 구분된다[4]. 또한, 마모의 진행과정에 따라 마모면의 형상 및 마멸량은 마모속도, 하중, 마모거리, 마모면 온도 등에 영향을 받는다.

그러나, 알루미늄기지 복합재료 마모거동은 강화재 존

재로 인해 동일조성 알루미늄합금의 마모거동과는 다른 양상을 나타낸다[5]. 마모실험 조건 및 강화재의 크기, 형태, 체적율, 기지와와의 결합강도와 같은 강화재의 존재로 인한 미세구조적인 변수의 상호작용에[6] 대한 분석의 어려움으로 Al기지 복합재료의 마모거동에 관해 아직도 지속적인 연구가 행해지고 있다. 알루미늄기지 복합재료의 우수한 내마모성은 강화입자에 의하여 마찰하중 지탱 능력(Load carrying capacity)이 증대되고 또 마찰면에 형성된 안정한 MML에 의하여 마멸천이 임계하중과 임계속도가 증대되기 때문이라고 보고되고 있다 [4,7-8].

본 연구에서는 이러한 요인들 중에서 하중, 마모속도의 마모시험조건 변화에 따른 마멸면 형상변화를 중심으로 SiC입자강화 6061Al복합재료의 체적율에 따른 마모특성 변화를 조사하였다. 강화재 입자의 존재와 역할에 비중을 두고 복합재료 마모특성을 해석하기 위해, 강화재 입자를 포함하지 않는 6061알루미늄 기지재료의 마모특성과 비교 분석하였다. 강화재 입자의 존재와 체적율에 따른 마모특성 변화를 구분짓기 위하여 시료들의 마모거동을 mild wear와 severe wear로 구분[8-9]

하고, 이 마멸기구천이가 발생하는 시험조건 변화를 분석하여 복합재료에서 강화재 체적분율이 마모거동에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험방법

2.1. 시료 및 열처리 조건

본 연구에 사용된 기지금속 6061Al 합금과 강화재인 SiC입자 성분을 Table 1에 나타내었다.

마모실험에 사용된 6061Al 복합재료(일본 도쿄 요업(주))는 SiC입자 강화재의 체적율을 5%, 10%, 20%로 변화시켜 분말야금 및 압출공정에 의해 제조되었다. 영상해석 장치에 의해 측정된 SiC입자 체적율과 평균 입자크기를 Table 2에 나타내었다.

압출시편을 마모시편의 크기로 가공한 뒤 530°C에서 2 hr동안 용체화 처리 후, 175°C에서 8 hr동안 인공시효한 T6처리를 하였다.

2.2. 마모 시험장치와 시험 조건

마멸특성의 비교를 위하여 Fig. 1의 pin-on-disk형 마모시험기를 사용하여 상온에서 건식 마모시험을 행하였다.

시편은 각각 10 mm × 10 mm × 10 mm 로 가공한 다음 열처리를 하여 가공에 대한 잔류응력의 영향을 배제시켰다. 마멸면으로 사용될 면은 압출방향에 평행한 면으로 사용하였으며 표면을 일정하게 연마하여 본 연구에 사용하였다. 이때 마모시험에 사용될 면의 표면조도는 평균 Ra 0.35로 측정되었다. 마모시험 상대재 디

Table 1. Chemical composition of 6061 alloy and SiC particle (wt%)

	Mg	Si	Fe	Cu	Mn	Cr	Al
6061	0.86	0.28	0.24	0.21	0.15	0.13	Bal.
	SiC	SiO ₂	C	Al	Fe		
SiC _p	99.0	0.1	0.3	0.01	0.02		

Table 2. SiC particle size and average interparticle spacing.

Material	Volume fraction V _f (%)	Average size D _p (mm)	Standard deviation (μm)	Average spacing d _p (μm)
5% SiC _p /6061	4.9	6.2	4.92	119.4
10% SiC _p /6061	11.2	8.6	5.56	68.4
20% SiC _p /6061	21.5	11.9	7.87	43.6

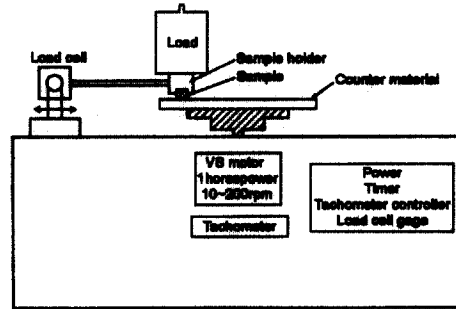


Fig. 1. Schematic drawing of pin-on-disk type machine.

스크는 SM45C 강판을 열처리하여 표면 경도 HRc 45 ± 2 로 일정하게 유지하여 사용하였다. 그리고 마모시험에 사용된 상대재는 다시 연마하여 표면 조도가 평균 Ra 0.5가 유지되도록 하였다.

본 연구에서 채택한 마모시험 조건은 활주거리를 4000 m로 고정하고, 하중과 활주속도를 변화시켜 마멸특성의 변화를 살펴보고자 하였다. Table 3에 마모 실험조건을 나타내었다. 마찰계수는 마모시험기의 Load cell에서 측정된 마찰력을 수직 하중 값으로 나누어 계산하였다. 마모시험 전후의 시편과 디스크는 아세톤으로 15분간 초음파 세척하여 시편 표면에 묻어있는 먼지와 기름기 등을 제거하였고 마멸량 측정은 마찰시험 전후의 무게변화를 0.001 mg 까지 측정하여 계산하였다. 마멸량은 부피마멸율(Volumetric wear rate:mm³/m)로 나타내었다. 정밀 전자저울로 측정한 마멸량을 시편의 밀도로 나눈 부피마멸량을 다시 마모시험 활주거리로 나누어 계산하였다. 그리고, 주사전자현미경(SEM)으로 관찰되어진 마멸면 형상, 마모속도에 따른 마멸량의 변화 등을 고려하여 마모의 진행과정을 고찰해 보았다.

Table 3. Experimental condition of wear test

Sliding velocity (ms ⁻¹)	Load (N)	Sliding distance (m)
0.2, 1, 2	19.6, 49	4000

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 복합재료 현미경조직

Fig. 2는 입자 체적율을 변화시킨 SiC 입자강화 6061Al 복합재료 미세조직을 광학현미경으로 관찰한 것이다. 압연방향에 수직인 면과 수평인 면을 관찰한 결과 SiC입자는 비교적 고른 분포를 나타내었다.

5%, 10% SiC입자 체적율을 가진 재료에서 구상의 작은 입자들이 일부 응집(Agglomeration)된 부분이 발견되었으며, SiC입자 체적율이 20%로 증가되면서 고르게 분포된 다각형상의 입자가 다수 존재하였다.

3.2. 마모특성

3.2.1. 6061Al 기지금속의 마모특성

Fig. 3은 T6처리한 6061Al 합금의 하중 및 활주속도

에 따른 마멸면의 변화를 나타낸 것이다. 하중조건 19.6N에서는 마멸면의 표면층이 마찰방향으로 평행하게 벗겨지는 mild wear의 전형적인 마멸양상을 나타내었다. 회전하는 상대재로부터 가해지는 전단력에 의해 시료표면 하부에서 미소균열들이 발생, 전파되면서 시료의 표면층은 박리되고 마멸면에 홈을 형성한다[8]. 활주속도가 빨라짐에 따라 마멸면의 홈(groove) 면적이 증가되는 경향을 나타낸다. 한편, 하중조건 49N에서는 활주속도가 증가됨에 따라 mild wear에서 severe wear로 변화되는 과정을 나타내고 있다. 활주속도 0.2 m/sec에서는 MML층 형성과 표면층 박리에 의한 mild wear 특성을 나타내고 있으나, 일부분에서는 상대적으로 낮은 마찰열의 재료연화에 의해 마찰방향으로 소성흔적이 있는 평탄부가 관찰된다. 활주속도 1 m/sec와 2 m/sec에서는 severe wear의 전형적인 특징으로, 슬라이딩 방

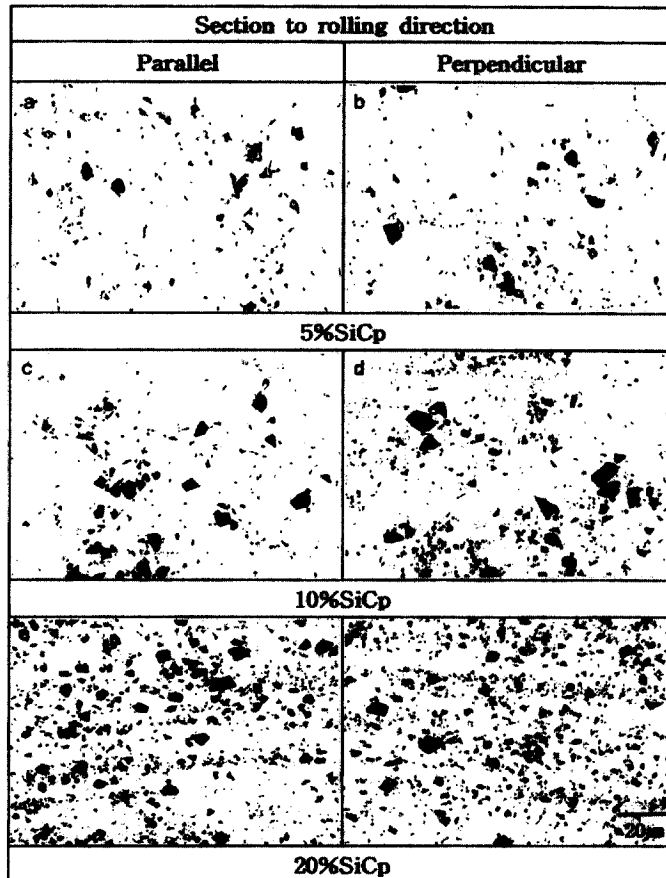


Fig. 2. Optical microstructure of SiCp/6061Al-T6 composites.

Sliding direction →
Sliding distance : 4000m

Fig. 3. Worn surface of 6061Al-T6 alloy tested at various applied loads and sliding velocities.

향으로 시료가 밀려난 shear wedge가 나타나 있다.

마모특성을 세밀히 관찰하기 위하여 하중조건 49N에서 활주속도에 따른 마멸시편의 단면을 관찰한 사진을 Fig. 4에 나타낸다. 활주속도가 0.2 m/sec일 때는 MML이 형성되고, EDS 미소분석 결과 MML은 알루미늄입자 이외에 상대재의 Fe가 일부 물질전이(material transfer)되어 형성된 것을 알 수 있다. 반면, 활주속도 1 m/sec와 2 m/sec의 조건에서는 MML이 형성되지 않았으며, 시편 마찰면과 상대재간의 마찰열에 의해 기지재료가 연화(softening)되어 마찰면에 전반적 소성변형 흔적이 나타난 severe wear 영역임을 알 수 있다.

Fig. 5는 T6처리한 6061Al 합금에 대해 활주속도와 하중조건에 따른 마멸량을 나타낸 것이다. 낮은

하중조건과 높은 하중조건 둘 다 활주속도가 증가함에 따라 마멸량이 증가하였다. 충분리 기구에 의한 mild wear 영역인 하중조건 19.6N에서 마멸기구의 변화없이 활주속도 상승에 따라 회전 전단력이 증가하고 표면층 박리면적이 증가되면서 마멸량이 증가하는 것으로 해석된다. 하중조건 49N에서 활주속도 0.2 m/sec인 경우, 충분리 기구와 MML형성에 의한 연삭마모 기구가 작용하는 mild wear 영역에서의 마멸량으로 판단된다. 그러나, 활주속도 1 m/sec와 2 m/sec에서는 severe wear 영역으로 활주속도가 빨라짐에 따라 마멸량이 증가하였는데 이것은 Fig. 3(d)와 (f)의 비교에서 소성 유동층이 증가하고 있는 사실과 일치한다.

Fig. 6은 T6처리한 6061Al 합금에 대해 하중조건

Sliding distance : 4000m

Fig. 4. SEM microstructure and EDS results of cross section of the wear specimen for 6061Al-T6 alloy tested at 49N.

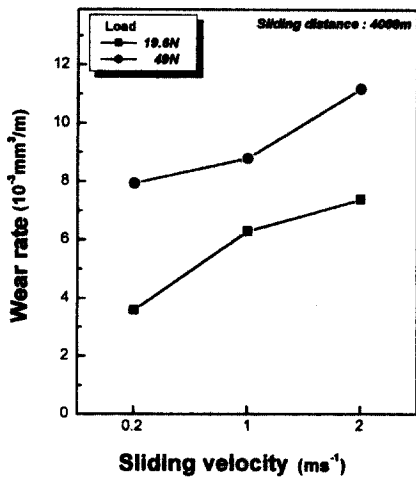


Fig. 5. Effect of applied load and sliding velocity on wear rate in 6061Al-T6 alloy.

49N에서 활주거리에 따른 마찰계수의 변화를 나타낸 것이다. mild wear가 일어난 활주속도 0.2 m/sec의 조건에서는 마찰계수의 진폭이 작은 안정한 상태가 유지되었지만, 1 m/sec와 2 m/sec와 같이 severe wear가 일어난 조건에서는 마찰계수의 진폭이 심하게 나타났다. 활주속도 0.2 m/sec에서는 MML이 마찰면에 형성되어 마멸입자 수의 감소와 MML을 구성하는 성분중의 하나인 Fe 산화물이 고체 윤활제 역할을 하는 것으로 사료된다[10-11].

반면, 활주속도 1 m/sec와 2 m/sec 조건에서는 MML이 형성되지 않았으며, 마찰열에 의한 재료연화로 severe wear에 의한 소성 유동층이 증가하면서 마찰계수가 커지는 것으로 해석된다.

3.2.2. SiC입자강화 6061Al 복합재료의 마모특성

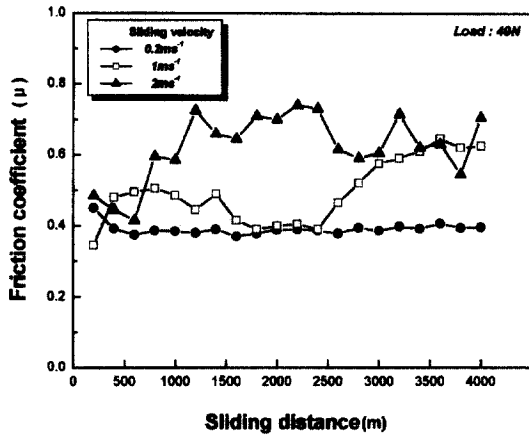


Fig. 6. Effect of sliding velocity on friction coefficient of 6061Al-T6 alloy tested at 49N

(1) 5% SiC입자강화 6061Al-T6 복합재료

Fig. 7은 T6처리한 5% SiC입자강화 6061Al 복합재료의 활주속도와 하중조건 변화에 따른 마멸면의 변화를 나타낸 것이다. 하중조건 19.6N에서는 Fig. 7(c)의 마멸흔 주위 균열 관찰과 채취된 마멸입자 분석결과 Fe 성분이 일부 포함된 미세 입자 구성으로 미루어 mild wear영역을 추정할 수 있다.

하중조건 49N, 활주속도 0.2 m/sec에서는 Fig. 8(a)의 마멸입자 분석에서 미세한 MML분리입자로 알 수 있듯이 mild wear 특성을 나타내고 있다. 활주속도 1 m/sec 마멸면은 표면층이 박리된 흔적과, 상대적으로 낮은 마찰열의 재료연화에 의해 마찰방향으로 평탄한 소성흔적이 흔재되어 mild wear에서 severe wear로 변화되는 과정을 동시에 나타내고 있다. 반면, 하중조건

Sliding direction →
Sliding distance : 4000m

Fig. 7. Worn surface of 5%SiCp/60601Al-T6 composite tested at various applies loads and sliding velocities.

49N, 활주속도 1 m/sec와 2 m/sec로 실험한 마멸면은 마모열 발생에 의한 전단소성 유동의 흔적으로 severe wear 영역임을 알 수 있으나, 동일조건 6061알루미늄 기지금속인 Fig. 3과 비교할 때 마멸 표면층의 소성변형 돌기의 높이가 낮음을 알 수 있다. 이것은 SiC입자가 5% 첨가됨으로써 강화입자에 의한 마찰하중 지탱능력[12]이 증대되어 마멸량이 감소한 것으로 판단된다.

Fig. 8은 T6처리한 5% SiC입자강화 6061Al 복합재료를 대상으로 하중조건 49N 실험에서 채취한 마멸입자를 나타낸 것이다. mild wear가 일어난 활주속도 0.2 m/sec에서는 미세한 분말상의 마멸입자 형태로 MML 이탈로부터 채취된 것으로 추정된다. 마멸면 형상 관찰에서 mild wear와 severe wear영역이 혼재하는 활주속도 1 m/sec에서 채취된 마멸입자가 판상의 기지금속으로 분석되어 J. Zhang과 A. T. Alpas의 정의[8]

에 의거한 충분히 기구의 mild wear영역이 존재함을 알 수 있다. 그러나, 마멸면 형상에서 소성유동 흔적의 shear wedge가 일부분 나타나므로 mild wear와 severe wear의 혼재 영역으로 추정된다. 반면, severe wear가 일어난 활주속도 2 m/sec의 조건에서는 기지금속의 전단소성 유동과 상대재에 용착된 부분들이 떨어져 나온 조대한 판상의 마멸입자 형태를 나타내었다.

Fig. 9는 T6처리한 5% SiC입자강화 6061Al 복합재료의 활주속도와 하중조건에 따른 마멸량을 나타낸 것이다. 하중조건에 상관없이 활주속도 0.2 m/sec와 1 m/sec의 조건에서 마멸량의 차이는 적었으나, 활주속도 2 m/sec 조건에서 마찰열로 인한 기지의 강도감소로 마멸량이 증가한 것으로 판단된다.

(2) 10% SiC입자강화 6061Al-T6 복합재료

Fig. 10은 T6처리한 10% SiC입자강화 6061Al 복합재료의 활주속도와 하중조건에 따른 마멸면의 변화를 나타낸 것이다. 하중조건 19.6N에서 활주속도가 증가할수록 마멸홈이 작아지고, 49N 하중조건에서 활주속도 2 m/sec일 때 부분적으로 shear wedge가 관찰되었다.

Fig. 11은 T6처리한 10% SiC입자강화 6061Al 합금의 활주속도와 하중조건에 따른 마멸량을 나타낸 것이다. 19.6N 하중조건에서는 활주속도가 증가할수록 마멸량이 감소하는 것을 알 수 있다. 이것을 Fig. 12의 마찰계수값과 비교하여 설명하면 0.2m/sec 활주속도에서 SiC입자에 마찰력이 작용하여 기지금속에서 분리된 입자

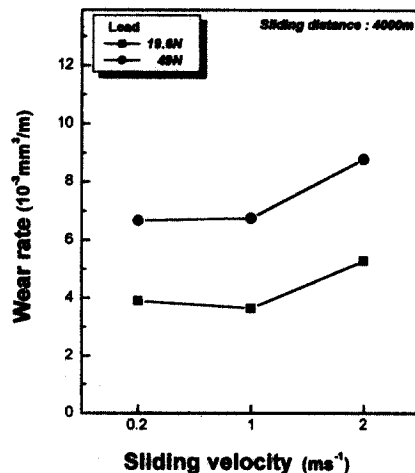


Fig. 8. Effect of sliding velocity on the shape of wear debris in 5%SiCp 6061Al composite tested at 49N.

Fig. 9. Effect of applied load and sliding velocity on wear rate in 5%SiCp/6061Al-T6 composite.

들이 마멸과정에 개입하는 3물체 연삭[13]에 기인하여 마찰계수가 불규칙하게 상승하여 마멸량이 큰 것으로 판단된다. 활주속도 1 m/sec와 2 m/sec 조건에서는 기지금속에서 분리된 입자들이 빠른 회전속도로 인해 마찰면에서 빨리 제거되면서 마찰면의 흠 형성에 적게 작용하면서 마찰계수도 낮은 일정한 값을 유지하는 결과를 나타내고, 활주속도 0.2 m/sec보다 마멸량이 감소하게 되는 것으로 판단된다. 반면, 49N 하중조건에서 활주속도 2.0 m/sec에서 재료연화에 의한 소성유동의 severe wear 영향으로 마멸량이 증가하였다.

(3) 20% SiC입자강화 6061Al-T6 복합재료

Fig. 13은 T6처리한 20% SiC입자강화 6061Al 복합재료의 활주속도와 하중조건에 따른 마멸면의 변화를

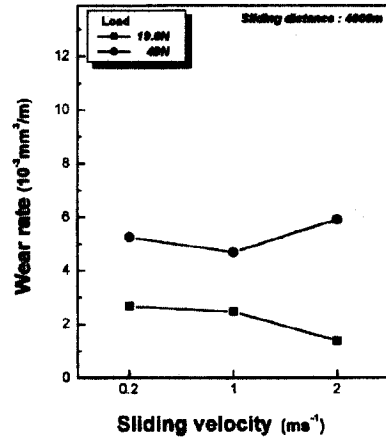


Fig. 11. Effect of applied load and sliding velocity on wear rate in 10%SiCp/6061Al-T6 composite.

Sliding direction →
Sliding distance : 4000m

Fig. 10. Worn surface of 10%SiCp/6061Al-T6 composite tested at various applied loads and sliding velocities.

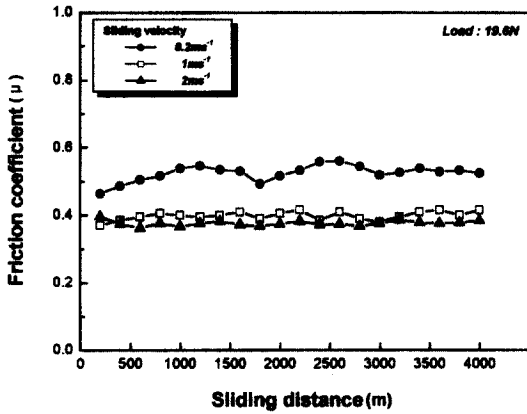


Fig. 12. Effect of sliding velocity on friction coefficient of 10%SiCp/6061A1-T6 composite tested at 19.6N.

나타낸 것이다. 하중조건에 상관없이 활주속도가 증가할수록 마멸흔이 작아지며, 전체 마모조건에서 mild wear 영역임을 알 수 있다.

Fig. 14는 T6처리한 20% SiC입자강화 6061Al 합금의 활주속도와 하중조건에 따른 마멸량을 나타낸 것이다. 하중조건에 관계없이 활주속도가 증가함에 따라 전체적으로 마멸량이 감소함을 나타내고 있다. 이 경향은 앞서 살펴본 재료들과는 달리 마모시험 조건 전체에 걸쳐 mild wear가 일어나는 영역이기 때문이다. 즉, mild wear에서는 활주속도가 증가될수록 마모도중 발생한 미세 마멸입자가 MML형성에 거의 소모되어 연삭마모기에 의한 마멸량이 적어진다. 반면, 저속 활주속도에서는 MML형성에 기여하지 않은 마멸입자가 많이 존재하여 3물체 연삭에 의해 마멸량을 증대시키는 것으로

Sliding direction →
Sliding distance : 4000m

Fig. 13. Worn surface of 20%SiCp/6061A1-T6 composite tested at various applied loads and sliding velocities.

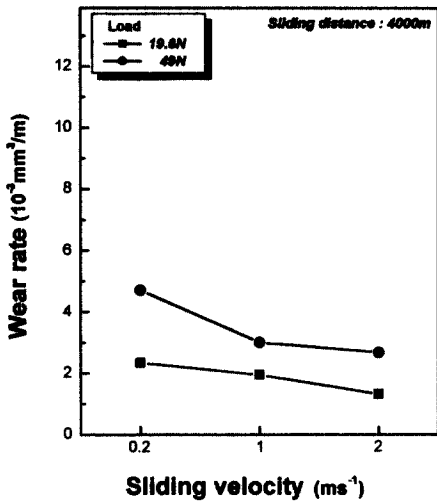


Fig. 14. Effect of applied load and sliding velocity on wear rate in 20%SiCp/6061Al-T6 composite.

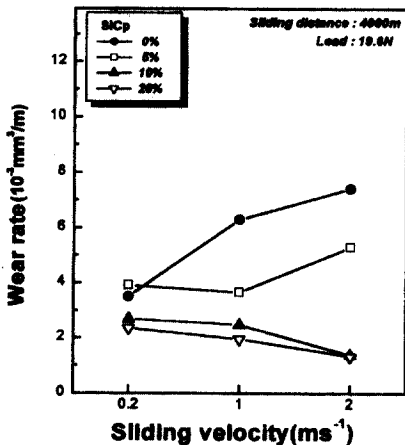
알려져 있다[4,14].

Fig. 15는 하중조건 19.6N과 49N에서 T6처리된 0%, 5%, 10%, 20% SiC입자강화 6061Al 합금에 대해 활주속도에 따른 마멸량을 비교하여 나타낸 것이다. SiC입자의 체적율이 증가할수록 마멸량이 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 severe wear에서 mild wear로의 마멸현상 천이와 관련시켜 설명할 수 있다. 마모하중 49N에서, SiC입자 체적율 0%와 5%일 때 활주속도

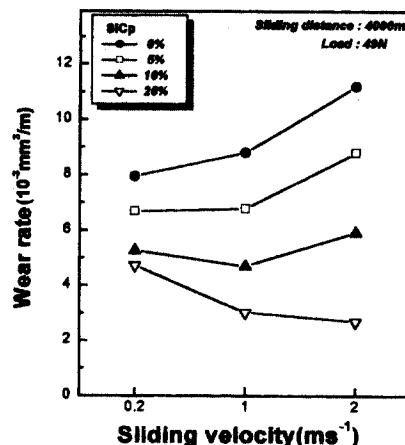
1 m/sec 이상의 조건에서 severe wear가 나타나지만, 체적율 10%일 때는 2 m/sec 조건에서 severe wear가 일어나고, 체적율 20%일 때는 전체적으로 mild wear가 일어났다.

단일합금의 경우, mild wear에서 severe wear로 마멸천이가 일어나기 위해서는 마찰열 등에 의한 마찰재료의 유동용력의 저하와 함께 심한 소성유동을 유발시키는 큰 소성변형이 필요하다. 그러나, 본 실험의 복합재료에서는 SiC입자 강화재의 보강효과로 인해 SiC입자 체적율이 증가할수록 마멸천이는 더욱 가속한 마모조건으로 이동한 것을 알 수 있다.

Table 4에 SiC입자강화 6061Al-T6 합금의 하중조건과 활주속도를 변화시켰을 때 일어나는 마멸기구를 간단히 요약하였다. 즉, 하중조건 19.6N에서는 전체 재료에 있어서 mild wear가 일어났다. 49N 하중조건에서는 SiC입자의 체적율이 0%와 5%인 재료에서 활주속도가 0.2 m/sec일 때는 mild wear가 일어났지만 활주속도가 1 m/sec, 2 m/sec로 증가함에 따라 severe wear가 나타났다. 입자체적율이 10%로 증가하면 0.2 m/sec와 1 m/sec 활주속도까지 mild wear 영역으로 확장되고, 입자체적율이 20%로 증가하면 실험에서 행해진 전체 활주속도에서 mild wear가 일어남을 알 수 있었다. 이것은 SiC입자 체적율이 증가되면, 열처리시 발생된 기지금속과 SiC입자의 열팽창계수의 차이에 의해 기지금속에 잔존하는 압축 잔류응력이 SiC입자 보강재 효과



(a) 19.6N



(b) 49N

Fig. 15. Effect of SiC particle volume fraction on wear rate of SiCp/6061Al-T6 composites tested at various applied loads and sliding velocities.

Table 4. Summary of wear mechanism change in SiCp/6061

Sliding distance : 4000 m

Volume fraction of SiC particle	Sliding velocity	Load	
		19.6N	49N
0%	0.2 ms ⁻¹	mild wear	mild wear
	1ms ⁻¹	mild wear	severe wear
	2 ms ⁻¹	mild wear	severe wear
5%	0.2 ms ⁻¹	mild wear	mild wear
	1ms ⁻¹	mild wear	mild/severe wear
	2 ms ⁻¹	mild wear	severe wear
10%	0.2 ms ⁻¹	mild wear	mild wear
	1ms ⁻¹	mild wear	mild wear
	2 ms ⁻¹	mild wear	severe wear
20%	0.2 ms ⁻¹	mild wear	mild wear
	1ms ⁻¹	mild wear	mild wear
	2 ms ⁻¹	mild wear	mild wear

를 나타내어 강화입자에 의한 마찰하중 지탱 능력을 증대시켜 마멸량이 감소한 것으로 추정된다[15-16].

4. 결 론

6061Al SiC입자강화 복합재료를 대상으로 하중, 마모 속도의 마모시험조건 변화에 따른 마멸면 형상변화를 중심으로 강화재 체적율에 따른 마모특성 변화를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. SiC입자 강화 6061Al 복합재료의 마모거동에 있어서 SiC입자 강화재의 존재는 mild wear에서 severe wear가 일어나는 마멸기구천이를 높은 마모하중, 빠른 활주속도의 더 가혹한 마모조건 영역으로 이동시키는 역할을 하였다.

2. SiC입자 체적율 증가는 mild wear에서 severe wear로 바뀌는 마멸기구천이를 기지금속의 강화재 보강 효과에 의해 하중과 활주속도가 증가하는 조건으로 이동하였으며, 입자 체적율이 20%로 증가하면 하중조건 49N실험에서 행해진 전체 활주속도에서 mild wear가 일어났다.

3. 하중조건 19.6N에서는 활주속도에 상관없이 전체 재료에 있어서 연삭기구(abrasion)와 subsurface의 층분리 마멸기구에 의한 mild wear가 일어났다.

4. 하중조건 49N에서는 SiC입자의 체적율과 활주속도에 따라 mild wear와 severe wear의 영역이 변화되었다. 즉, SiC입자의 체적율이 0%와 5%인 재료에서 활주속도 0.2 m/sec일 때는 mild wear가 일어났지만, 활주속도 1 m/sec이상에서 severe wear가 나타났다. 입자 체적율이 10%로 증가하면 0.2 m/sec와 1m/sec 활주속도까지 mild wear 영역으로 확장되었다.

5. severe wear 영역에서는 마모하중과 활주속도의 조합에 의해 발생한 마찰열로 기지금속의 유동응력 저하에 기인된 마찰면의 심한 소성유동 흔적의 shear wedge가 발생되었다.

참고문헌

- Burwell, J. T. : Survey of Possible Wear Mechanisms, Wear, 1 (1958) 119.
- Bharat Bhushan : Principles and Applications of Tribology, John Wiley & Sons, Inc. (1999) 480.
- C. S. Yust : International Metals Reviews, 30 (1985) 141.
- B. Venkataraman and G. Sundarajan : Acta Metall. et Mater., 44 (1996) 461.
- Manish Roy, et al. : Metall. Trans., 23A (1992) 2833.
- T. W. Clyne and P. J. Withers : An Introduction to Metal Matrix Composite, Cambridge University Press, (1993) 294.
- A. T. Alpas and J. Zhang : Metall. Trans., 25A (1994) 969.
- J. Zhang and A. T. Alpas : Acta Metall. et Mater., 45 (1997) 513.
- J. F. Archard and W. Hirst, Proc. Roy. Soc., A236 (1956) 397.
- R. A. Saravaran, Jung-Moo Lee and Suk-Bong Kang : Metall. Trans., 30A (1999) 2523.
- W. Ames and A. T. Alpas : Metall. Trans., 26A (1995) 85.
- Jung-Moo Lee, Suk-Bong Kang and Sang-Chul Yoon : Metals and Materials, 5 (1999) 357.
- Karl-Heinz Zum Gahr: Microstructure and Wear of Materials Technology Series, 10 (1987) 12.
- A. T. Alpas and J. Zhang : Wear, 155 (1992) 83.
- Heon-Joo Kim and Chang-Gyu Kim : J. of the Korean Foundrymen's Society, 20 (2000) 89.
- Heon-Joo Kim, et al. : 2nd Int. Conf. on Light Materials for Transportation Systems(LiMAT-2001), ed. by Nack J. Kim, C. S. Lee and D. Eylon, Pohang University of Science and Technology, Busan, (2001) 905.